

ヘドニック価格法による中国各地域における 農林牧畜業の温暖化被害の測定

時 政 勲
姜 力 銘

はじめに

地球温暖化問題は現在世界が解決を迫られている大きな政策課題となっている。そのため先進国・途上国を問わず世界中の国々で CO₂ の国別削減割り当てや、排出権取引など削減方法を巡って、深刻で鞘当的な議論が展開されている。そこで、これらの国や産業別の削減割り当てや、排出権の割り当てをめぐり国際交渉をするとき、いったい温暖化被害がどの程度現れているか、はっきりと測定はできないものかということが問題となる。温暖化被害など環境損害を計る方法を確立することが求められる。もちろん海面上昇による島嶼国の水没や、凍土の溶解や害虫発生による森林の消滅、熱帯病汚染地域の拡大など、直接該当国にとり致命的となるような温暖化被害に対しては、被害の科学的な検証を待って対応を考えるという悠長な態度は許されない。

しかし、たとえば農業への影響、森林への影響、漁業への影響など、漸進的に進んではいるが致命的というほどではない被害を、数量的、計量的に把握することは、CO₂削減問題が、国際的な対決・紛争事項になりつつある現在の国際政治・国際経済の中で欠くことのできないテーマである。

本稿では、温暖化による農業や林業、牧畜業への被害はどの程度発生しているかを、中国の地域別被害状況を対象に、計測することにする。中国を取り上げた理由は、世界で現在もっとも盛んな経済発展を遂げており CO₂排出が世界一の国であること、また温暖化による CO₂排出規制を行った場合、その経済的影響が最も顕著になる国と考えられること、さらにまた、広大な国土をもち、地域別にいろいろな異なった自然・経済条件のもとにある地域を含むので、地域別にどのように異なる被害が現れるかに関心があるからであ

る。

環境被害を計測する方法の中で、環境経済学で取り上げられるトラベルコスト法は局所的な環境価値の違いを見るのに適する方法であるから不適である。CVMのように環境の評価について各個人の意見をアンケートで求め、それを集計して環境の価値評価をするという方法では、投票で決めるのと類似した方法であり、国内的な景観や自然保護問題には適応できても、国際的な争いに結びつきやすい地球環境問題に関しては実行が難しいし、もともとなる個人の意見に主観やバイアスが入る危険もある。そこでより客観性があると思われる、また自然環境のような広い範囲の問題にも比較的適用がしやすいヘドニック価格法に従った推計を行うことが実行可能性が高い¹⁾。

ヘドニック価格法については、第1節で説明を加えるが、生産関数アプローチともよばれ、計量経済学で盛んに用いられる基礎となる生産関数を設定し、その生産量（農業の場合生産物の売上額、あるいは売上額から生産経費を差し引いた付加価値）か、生産量価値から帰属計算される資本化価値（農業の場合は土地価格）という被説明変数の値が、環境汚染にかかわる説明変数（気温、CO₂）の変化によりどのように変化させられるかを測定し、環境被害の数量的測定を行おうとするものである。

このような広い意味でのヘドニック価格法による温暖化被害計測の先行研究は、1980年代後半からすすめられている。代表的な研究としては初期段階では Adams,Richard (1989), Adams,R,Rosenzweig, C, Robert, P, Ritchie, J, McCarl, B, Glyer, D, Bruce, C., Jones, J, Boote, K. and Allen, H. (1990) 他がある。これらは生産関数アプローチ Production Approach とも呼ばれていて、いろいろな作物が温暖化によりどれくらい収穫が低下するか測定している。測定結果によると、その温暖化被害の計測値は、モデルにより幅があるが、CO₂の濃度が2倍になって、気温が2℃～4℃上昇した場合、米国の特定地域での収穫変化が、小麦が-20%～-2%, トウモロコシが-30%～-15%, 大豆が-40%～+15%変化すると計測された²⁾。

しかし、生産関数アプローチによったとき被害額の計測値が過大評価されているという批判が起こった。単一の穀物への影響を見る方法では、気温上昇の影響が強く現れ過ぎるからである。農家は、気温の変化に対応して、よ

ヘドニック価格法による中国各地域における農林牧畜業の温暖化被害の測定
り熱帯や亜熱帯に適する作物へと転作して収入を補うことが可能だと考えられるからである。また、灌漑設備の導入による乾燥への対応も可能である。反面で、そのような農作物転換の技術を持たない農家や、灌漑設備のような高価な資本財を導入するだけの資力のない農家も多い。そこでこのような農家自身での温暖化への調整を考慮した被害を計るため、複雑化されたモデルに依拠する Mendelsohn, R. Nordhaus, WandShaw, D. (1994) ほかの研究がある。これは農家の収入状態が農地の価格に反映されると考え、温暖化による農地価格の下落を通して、温暖化被害を計ろうとする。この方法は Ricardian Analysis と呼ばれるが、環境の違いによる住宅や土地など不動産価格の違いから環境の価値を見ていくヘドニック価格法本来のやり方に近い方法を採用している。

但し本稿は、これらと違い、もっとも単純化した形でヘドニック価格法を適用し中国の温暖化被害を計測する。中国においては地域別の気温変化のデータはもとより、地価のデータが得られないからである。それでも上記の研究は、欧米での農業における温暖化被害の測定が中心であり、ここでは中国に適用したことは新しい試みといえる。

以下第1節でヘドニック価格法の簡単な紹介を行い、第2節において生産関数アプローチで温暖化の農業被害を計算するさいの理論的枠組みを提示して、気象変数を含む中国各地域農業生産関数の推定結果を示す。第3節で中国の地域別温暖化被害の測定結果、第4節で中国の温暖化被害が社会的、経済条件の違い（発展地域か発展途上地域かの違い）、気象条件の違い（多雨地域か少雨地域か）によりどのように変わって出現しているかを検討する。最後に結びを述べる。

第1節 ヘドニック価格法の考え方

1.1 ヘドニック価格法の定義

本節ではヘドニック価格法の簡単な解説を行っておく。テキスト的な解説であり、詳しい例などは時政（2011）を参照のこと。

ヘドニック価格法（hedonic price method）（hedonic とは快楽的という意

味)とは、緑地などの環境の快適性が、住宅価格(賃貸料)や賃金に与える影響を測ることで、環境の価値を評価する方法である。

たとえば、人々は住宅を借りたり購入したりという選択をする際、住宅の質だけでなく、勤務地や駅までの距離、周りの商店の便利さ、学校や病院の評判や数とともに、公園との距離や緑地面積などの環境面を考慮する。

最後の環境面の要因以外では等しい2つの住宅があるとする。ただ一方は周りを樹木など緑に囲まれるか近くに公園があるが、他方は、周りは道路か殺伐としたビルだけが並んでいるとしよう。この場合、人々は多少賃貸料や購入価格が高くても、前者の場所にある住宅を選ぶ。この価格の差の中に環境の価値が反映されている。

周辺の緑地面積などの環境と、賃貸料や住宅価格の関係を分析することで、緑地の環境アメニティ価値を金額評価することができる。

また、賃金の差についても、人々は、働く人自身の能力、病院や商店や歓楽地までの距離、仕事の危険度が同一とした場合、空気がきれいで緑豊かで景観がよい場所(たとえば農村、または海上)では、少しくらい賃金が低くても働きたいと思う。しかし空気が汚染され、景観の悪い工場地帯では、より高い賃金でないと働こうとしない。または病院・商店・歓楽地までの距離が近いなどの利便性があっても、(安い賃金でなく)農村と同じ賃金でしか働かない。賃金の中にも、環境のアメニティ(快適性 amenity)の価値が反映されている。これがヘドニック価格法の直感的考え方である。

1.2 ヘドニック価格法による環境価値計測

土地の価値はその土地がもたらす農産物の価値やその上に立てられた建物が生み出す事業収益、住宅サービス価値に関係する。例えば、温暖化がさらに進みおいしいコメの耕作適地が少なくなると、北のコシヒカリの生産に適した農地の価値は、南の農地より高くなるかもしれない。駅前のコンビニに適した土地は、人の流れの動線から外れた土地のよりも価格が高い。

より細かく見ると、土地そして住宅からの便益は職場や商業地へのアクセスの良さ、公園への近さ、土地周辺の環境(空気の清浄度、騒音、振動の大きさ)に依存し、これらの要因が変われば住宅からの便益や、住宅の建って

ヘドニック価格法による中国各地域における農林牧畜業の温暖化被害の測定
いる土地の資産価格も変わる。住宅の資産価値がこれらの要因によってどのように変わるかを計測すると、その住宅が建っている土地の価値変化も自ずと分かる。そこで土地価格の場合

資産価格 (Property Price) = f (住宅の質を代表する変数, 周辺地域を代表する変数, アクセスの度合を代表する変数, 環境を代表する変数)
として推計する。

$$PP = f(\text{PROP}, \text{NHOOD}, \text{ACCESS}, \text{ENV})$$

PP : 住宅価格

PROP : 住宅の質

NHOOD : 周辺

ACCESS : アクセス

ENV : 環境

さて、住宅価格 PP という社会現象を説明する関数形としては、 f の中に独立変数として入っている各要因の対数をとったものの一次式が仮定される普通である。

社会科学でお定まりの手法として使われる説明変数の自然対数をとるという方法は、次のように考えるからである。³⁾

まず結果は、その原因であるいくつかの要因の積として発生し

結果 = 要因 1 の影響力 \times 要因 2 の影響力 $\times \dots \times$ 要因 k の影響力
と考える。要因の積の形にするのは、どの要因でも一つ欠けたら結果はゼロに帰すと考えるからである。

さらに、ここに上げた要因 1, \dots 要因 k までのどれもが同じウェイトで結果に影響はしないとする。たとえば要因 1 はほかの要因の 3 倍分、要因 2 は 2 倍分の力があるとする、[要因 1]³, [要因 2]² という形の掛け算になるはず。こうして一般的に表すと、

結果 = [要因 1]^a \times [要因 2]^b $\times \dots \times$ [要因 k]^k
という式になる。

たとえば住宅価格については、

$$PP = \text{PROP}^a \text{NHOOD}^b \text{ACCESS}^c \text{ENV}^d$$

と表せる。次に、この両辺の対数をとれば

$$\ln \text{結果} = a \cdot \ln [\text{要因1}] + b \cdot \ln [\text{要因2}] + \dots + k \cdot \ln [\text{要因k}]$$

という対数線形式が得られる。

以上の根拠から、社会科学ではこのような形の式を作り、係数 a, b, \dots, k を求める方法で結果の現象を説明するやり方が行われる。

資産価格を説明する今の例では、

$$\ln PP = a \cdot \ln (PROP) + b \cdot \ln (NHOOD) + c \cdot \ln (ACCESS) + d \cdot \ln (ENV)$$

という回帰式を推測することになる (a, b, c, d を推計する)。この式が推計されると、たとえば、この式の係数 d は「環境が1%改善されとき資産価格が $d\%$ 上昇する」という意味を持ち、資産価格の環境に対する弾力性になる。⁴⁾

第2節 ヘドニック価格法による温暖化被害 分析の理論的枠組み

2.1 生産関数法

ここで中国各地域の農業、林業、牧畜業の温暖化による環境被害について、把握する手段となる農業、林業、牧畜の GDP 生産関数を述べる。

生産関数としては、基本的には、マクロ経済学で使われるコブダグラス型の関数を用いる。すなわちこの、資本、労働、土地によって生み出される農業、林業、牧畜業の粗付加価値を取上げる。さらに、この生産関数に、外部的要因として、気温と時間（技術進歩）の影響が加わるとする。

今農業の生産額を Q 、労働（従業者数）を N 、資本（トラクター数）を K 、土地（灌漑面積）を L 、気温を Te 、時間を T としたとき、生産関数は、

$$\ln Q = \alpha + \beta_1 \ln (Te) + \beta_2 \ln (N) + \beta_3 \ln (K) + \beta_4 \ln (L) + \gamma T$$

と表せる。ここで \ln は自然対数を示す。

こういう生産関数を推定して、回帰係数 $\alpha, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \gamma$ を推定して、 Te や、 N, K, L の弾力性を求めることとする。

ここで、上の方程式に技術進歩要因を代表する変数 T が導入されている。時間 T がどのように生産額に影響を与えるかについて、時間経過が生産性を高める単なる Hicks 中立的技術進歩と考えない。気温上昇と時間経過の

ヘドニック価格法による中国各地域における農林牧畜業の温暖化被害の測定
両者が一緒になり技術改善の可能性を高めるので、一方だけでは技術進歩は起こらないと考え、気温上昇と時間の積 $Te \times T$ という項を導入する。これは、温暖化が進行するのに対応して、人類の農業技術が進歩し、温暖化被害を抑制することを考慮するためである。

$$\ln Q = \alpha + \beta_1 \ln(Te) + \beta_2 \ln(Te \times T) + \beta_3 \ln(N) + \beta_4 \ln(K) + \beta_5 \ln(L)$$

と表す。こうして、上に述べたデータを用いて、回帰係数 α , β_1 , β_2 , β_3 , β_4 , β_5 を推定する。ここで農業の場合はデータを『中国統計年鑑』によったので、説明変数として労働（従業者数） N 、資本（トラクター数） K 、土地 L を用いるが、林業と、牧畜業の場合は、土地 L を除く。それは、ここでは土地変数を灌漑面積で代理しているが、林業や牧畜業の土地面積が、灌漑面積とは一致しない可能性が高いからである。

2.2 気象変数を含む中国各地域農業生産関数の推定

中国各地域別の農業、林業、牧畜業の上記生産関数の全地域の推定結果の回帰係数は、掲載を省略する。ここで林業と牧畜業については、説明変数から、土地をのぞいているため、 β_5 は、推定されていないことに留意する。ここで一地域、たとえば北京について、農業の生産関数を述べれば以下のようになる。

$$\ln Q = -0.93 + 0.69 \ln(Te) + 0.90 \ln(Te \times T) - 0.03 \ln(N) + 0.06 \ln(K) + 0.01 \ln(L) \\ (-0.24) \quad (0.58) \quad (1.90) \quad (-0.84) \quad (0.32) \quad (1.77)$$

() 内は t 値である。 $R^2 = 0.43$

すなわち

$$Q = \exp(-0.93) (Te)^{0.69} (Te \times T)^{0.90} N^{-0.03} K^{0.06} L^{0.01}$$

と表せる。

次にヘドニック価格法を利用して、温暖化被害の推定結果をどうして求めるかの問題に移る。

基本的な考え方としては、たとえば農業の温暖化被害は、温暖化に伴う、農業生産額つまり GDP の減少分とする。気温の上昇がどの程度農業部門の GDP を低下させたかを計ろうというのである。

気温の上昇については、IPCC の第 4 次報告書によると、地球全体で 2005

年までの25年間の平均気温の変化は

$$0.177^{\circ}\text{C} \pm 0.052^{\circ}\text{C} / 10\text{年}$$

であったとされる。2005年までの50年間の平均気温の変化は

$$0.128^{\circ}\text{C} \pm 0.026^{\circ}\text{C} / 10\text{年}$$

2005年までの100年間の平均気温の変化は

$$0.074^{\circ}\text{C} \pm 0.018^{\circ}\text{C} / 10\text{年}$$

であったとされている。ここでは温暖化が注目されるようになった過去50年の平均上昇の上限である 0.154°C を取って温暖化の被害の予測をする。これは過去50年間に $0.154 \times 5 = 0.77^{\circ}\text{C}$ の気温上昇があったと考えるのである。この気温上昇が、農業、林業、牧畜業のGDPをどれほど減少させたか（あるいは増加させたか）を計る。本来中国における地域別の気温上昇値が得られるなら、そのデータを用いるほうがよいが、データが得にくいことと、地域のどの場所のデータを用いるかなどでも、困難があるため、ここでは一律に 0.77°C の気温上昇がみられるとして、被害の推定を行った。

したがって温暖化被害を

$$Q = \exp(\alpha_1 + \beta_6 T) (Te)^{\beta_1} (Te \times T)^{\beta_2} N^{\beta_3} K^{\beta_4} L^{\beta_5}$$

という生産額が、温暖化前つまり、気温が $Te - 0.77$ のケースと、温暖化後、つまり Te のケースでどれほど異なるかを、農業、林業、牧畜業でそれぞれ計ることにより、温暖化被害を求める。

すなわち、

$$\begin{aligned} Q_{\text{AFTER}} - Q_{\text{BEFORE}} &= \exp(\alpha_1 + \beta_6 T) (Te)^{\beta_1} (Te \times T)^{\beta_2} N^{\beta_3} K^{\beta_4} L^{\beta_5} \\ &\quad - \exp(\alpha_1 + \beta_6 T) (Te - 0.77)^{\beta_1} ((Te - 0.77) \times T)^{\beta_2} N^{\beta_3} K^{\beta_4} L^{\beta_5} \end{aligned}$$

として、 Te に関する温暖化被害関数を求める。

ここで Te 以外の説明変数の値は、 T , N , K , L の1998～2005年の平均値を代入する。こうして得られる温暖化被害の値は、巻末の付表1, 2に掲げる。

ただ農業の方程式は、林業と牧畜業の場合とは、土地を考慮しているか、していないかで異なる。すなわち、林業、牧畜業では、土地（灌漑面積） L は除かれる。

もう一つの温暖化被害の計測方法としては、温暖化で失われる社会的余剰SS (social surplus) (または消費者余剰) の変化で計る方法が考えられる。⁵⁾

ヘドニック価格法による中国各地域における農林牧畜業の温暖化被害の測定
 社会的余剰（または消費者余剰）の変化は、

$$SS_{\text{BEFORE}} - SS_{\text{AFTER}}$$

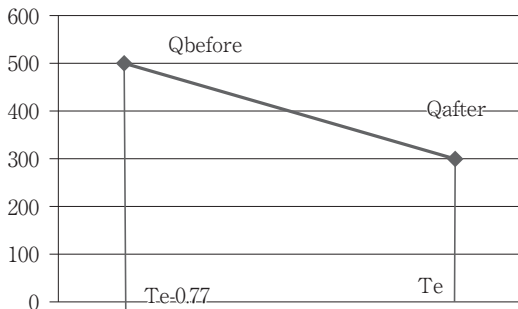
となるがこれは、温暖化前の気温のもとでの GDP である Q_{BEFORE} と温暖化後の気温のもとでの GDP である Q_{AFTER} から

$$(Q_{\text{AFTER}} + Q_{\text{BEFORE}}) \times 0.77 \div 2$$

として示される。 Q_{AFTER} や Q_{BEFORE} は気温が上昇した後の T_e や、気温が上昇する前の $T_e - 0.77$ の値を生産関数の右辺に入れて導出した GDP である。

気温が 0.77°C 変化するとき $Q_{\text{AFTER}}, Q_{\text{BEFORE}}$ が生み出す社会的余剰（または消費者余剰）の差は、気温 T_e に対する GDP を示す曲線の下領域の面積の Q_{AFTER} と Q_{BEFORE} の間に挟まれる台形の面積であるから、上のように示される。

図 1. 社会的余剰の計測



以下まず

$$Q_{\text{AFTER}} < Q_{\text{BEFORE}}$$

の場合上記の式が温暖化被害を示すことを論証する。

たとえば Q_{AFTER} が Q_{BEFORE} より小さくなる場合、気温が異常に高くなって生み出される GDP がゼロになる場合を考えたとき、気温 T_e でも気温 $T_e - 0.77^\circ\text{C}$ でも、GDP の Q は異常に高い気温（たとえば 100°C ）のときより多い。実際、気温 T_e を横軸に、各気温に対する GDP の Q を縦軸にとったグラフで考えて、 Q_{BEFORE} と Q_{AFTER} をむすぶ直線が横軸を切る点の気温では GDP がゼロとなる。この異常に高い気温の生み出す GDP とそれより低い適度な気温である気温 T_e や気温 $T_e - 0.77^\circ\text{C}$ のときの GDP の違いから社会的

余剰（または消費者余剰）がもたらされるのである。その大きさは Q_{AFTER} と Q_{BEFORE} と $Q = 0$ をむすぶ線分と横軸の間に挟まれる三角形として示される。

したがって、気温変化のもたらす社会的余剰の変化は、 Q_{AFTER} と Q_{BEFORE} の時の三角形の面積の差となる。 T_e のときの Q_{AFTER} と $T_e - 0.77^\circ\text{C}$ のときの Q_{BEFORE} を上底、下底とし、高さを0.77とする台形の面積が、社会的余剰（または消費者余剰）の変化を示す。

同様に

$$Q_{\text{AFTER}} > Q_{\text{BEFORE}}$$

の場合、上記の台形の面積は温暖化の利益を表す。すなわち温暖化が起こってGDPが増加したので、温暖化が社会的余剰（または消費者余剰）の増加をもたらしたのである。

これは、気温 T_e を横軸に、各気温に対するGDPの Q を縦軸にとったグラフで考えて、 Q_{BEFORE} と Q_{AFTER} 、をむすぶ直線が横軸を切る点の気温は、異常に低い気温（たとえばマイナス 20°C ）となる。このときより気温が高くなる事で得られるより大きいGDPは社会的余剰（または消費者余剰）をもたらす。しかも気温が高いほど社会的余剰（または消費者余剰）は多くなる。この社会的余剰（または消費者余剰）の増加分は、気温が高いことがもたらす恩恵と考えられる。したがって同様の公式で T_e のときの Q_{AFTER} と $T_e - 0.77^\circ\text{C}$ のときの Q_{BEFORE} を上底、下底とし高さを0.77とする台形の面積により社会的余剰（または消費者余剰）の増加はしめされる。⁶⁾

第3節 中国各地域の農業、林業、牧畜業における 温暖化被害の推定結果

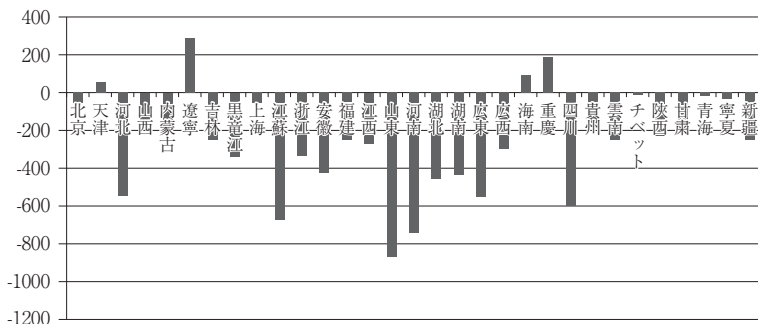
本節では、中国の31の省、直轄市という地域別に、農林牧畜業のGDPを大気温に関して回帰し直接的なGDP変化や社会的余剰（または消費者余剰）変化により、温暖化被害を見ていった結果を示す。

3.1 社会的余剰（または消費者余剰）の変化による、温暖化被害の計測

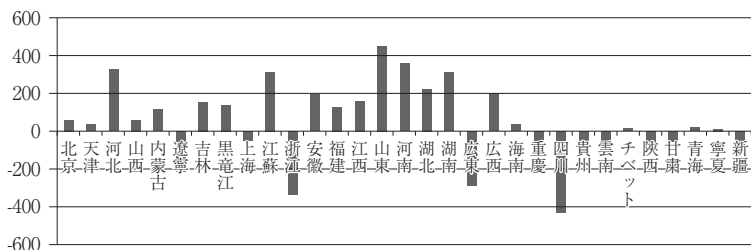
温暖化による環境被害（ここでは農業、林業、牧畜業）を計る方法として、

ヘドニック価格法による中国各地域における農林牧畜業の温暖化被害の測定

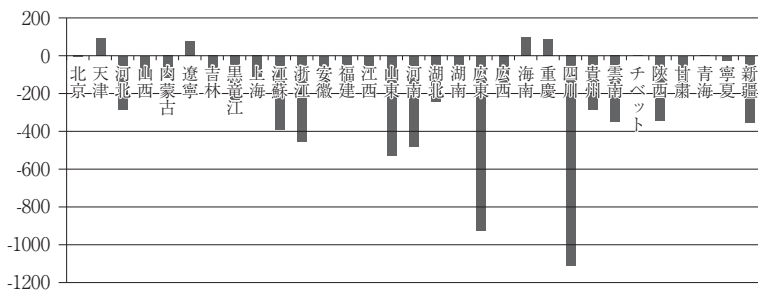
図－２ 農業の社会的余剰変化，億元



図－３ 牧畜業の社会的余剰変化，億元



図－４ 農林牧畜業全体の社会的余剰変化の合計，億元



温暖化が起こる前の年当たり GDP と、温暖化が起こった後の GDP との差を尺度とするほか、温暖化後の低い社会的余剰と、温暖化前の高い社会的余剰の差によって、見ていく方法がある。ここで温暖化による社会的余剰（または消費者余剰）の変化を、省別・直轄市別にみる。それが農業について図－２、牧畜業について図－３、農林牧畜業全体に関して図－４に示される。

まず全体的に、温暖化被害はどの地域でも農業において大きく、林業は農業より被害はより小さい。さらに牧畜業では、少数の地域で被害は見られるが、温暖化により多くの地域で利益がもたらされる。

農業の温暖化被害についてももう少し詳しくみていくことにする。

付表－1より、農業の社会的余剰（または消費者余剰）の変化（減少）分は、全国で、－8696.8億元発生したことになる。1998～2005年の間毎年平均してみて、気温上昇がなく50年前と同じ気温であったとしたら、現在の資本、労働、土地のもとで生み出されるGDPがもたらす社会的余剰（または消費者余剰）は年当たり8696.8億元多かったに違いないことを表している。

このうち被害が最大の地域は山東であり、全国比－10.8%，次に河南が全国比－8.4%，四川が－7.5%と大きく、次いで、広東（－6.89%）、河北（－6.8%）、湖北（－5.67%）、湖南（－5.67%）、安徽（－5.25%）と全国比5%以上を占めて大きい被害が発生している地域といえる。これは中国の東部沿岸地域、中部内陸地域に属する省である。

一方被害が少なく、利益が発生したのは、遼寧（3.5%）、重慶（2.3%）、海南（1.1%）、である。利益が発生した地域は、このほかは天津のみであり、農業においてはほとんどの省・直轄市で被害が出ている。

次に林業での温暖化に伴う社会的余剰の変化を見ておこう。社会的余剰の変化は全国で、－37.2億元にすぎず、農業の1.5%を占めるだけである。この理由としては、被害の生まれている地域（21地域）と、利益の出ている地域の数（10地域）も拮抗していて、国全体の社会的余剰（または消費者余剰）の変化は相殺されて小さくなったためでもある。

林業被害の高い地域は沿岸部の、福建（林業の地域GDPの－37.9%）、広東（－28.9%）、河南（－27.5%）、四川（－26.9%）、山東（－25.5%）、である。利益の出る地域は南部内陸の、浙江（30.6%）、湖南（29.4%）、雲南（29%）、江西（28.1%）、安徽（26.3%）である。

付表－1より、牧畜業は、温暖化に伴う被害ではなく利益が1675億元生まれている。これは農業の被害の19.3%に相当する。被害の発生している地域は、11地域であり、中でも、四川（－25.7%）、広東（－17.2%）、遼寧（－12.8%）、が大きい。これに対し利益が発生しているのは、20地域であり、山東（26.8%）、

ヘドニック価格法による中国各地域における農林牧畜業の温暖化被害の測定
河南（21.6%）が大きい。

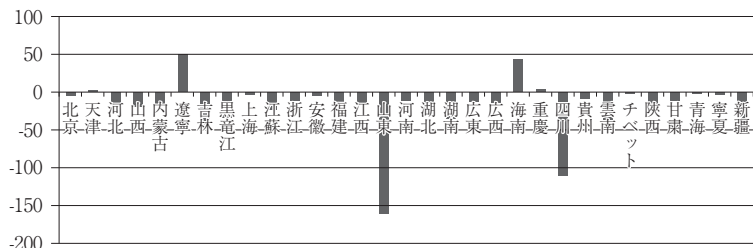
3.2 GDP の変化による温暖化被害の推定

次に温暖化被害の計測方法として、温暖化が起こる前の GDP と起こった現在の GDP の比較により、温暖化被害を把握する方法を取り上げよう。これは社会的余剰（または消費者余剰）を導き出す手段である GDP の値そのものから温暖化の影響を直接計ろうとするものである。

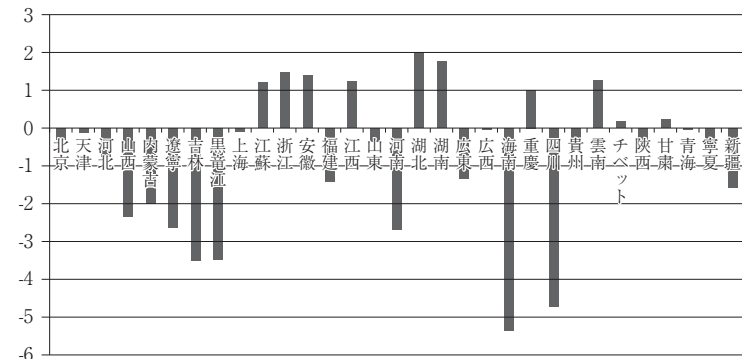
農業における温暖化被害を GDP の変化で見た結果は図－5 に示される。被害は遼寧と天津と海南、重慶以外では全地域で現れている。その総額は－599.64億元である。これは、国全体の農業の GDP の4.9%に相当する。

地域別に損害の大きく現れる地域は山東（変化の全国比の－26.8%）、四川（－18.4%）が100億元以上の損失、吉林（－7.21%）、雲南（－6.51%）

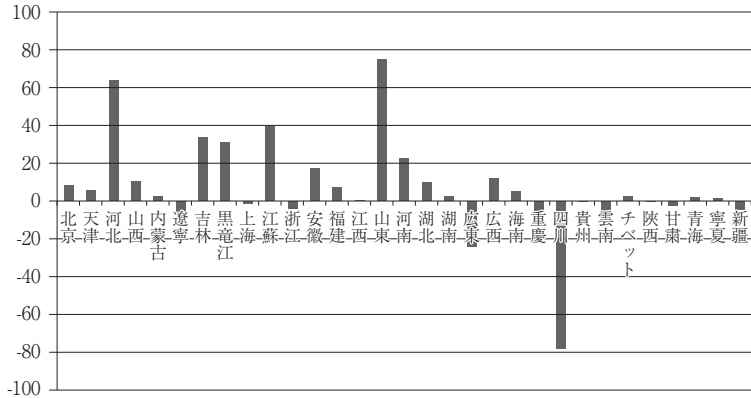
図－5 農業の GDP 変化, 億元



図－6 林業の GDP 変化, 億元



図－7 牧畜業の GDP 変化, 億元



で40億元の損失, 新疆 (−5.396%), 湖南 (−5.89%), 黒竜江 (−5.51%) で35億元程度の被害が現れる。これらは, 比較的経済発展が遅れている地域である。

また図－6によると, 林業においては, 温暖化の影響は小さい。年当たり林業の GDP 被害は, 全国で−22.9億元である。これは農業被害の3.8%にすぎない。被害の全国比が大きい地域は, 海南(減少の全国比−23.5%) 四川 (−20.6%) で5億元の損失, 吉林 (−15.4%), 黒竜江 (−15.2%), 河南 (−11.8%), 遼寧 (−11.5%), 山西 (−10.2%) で2～3億元の損失にとどまる。GDP の変化は社会的余剰の変化とほぼ対応していて両者の間に差はない。

最後に, 牧畜業の温暖化による GDP 変化は図－7で示される。GDP の変化は全国で212.8億元である。牧畜業では温暖化は利益を生みだすことになる。農業の GDP 被害の33.5%相当の利益が生まれている。利益の全国比の大きい地域は, 山東 (35.2%), 河北 (29.8%), 次いで江蘇 (18.3%), 吉林 (15.6%), 黒竜江 (14.6%), である。これらの地域は, 社会的余剰 (または消費者余剰) の変化においても, 全国の20～10%を占めている。

逆に牧畜業において温暖化被害が大きく出ているのは, 四川 (減少の全国比−36.7%) である。次に広東 (−11.6%) が損失が大きい。これら以外の地域の被害は小さい。これらの地域も社会的余剰 (または消費者余剰) の減

ヘドニック価格法による中国各地域における農林牧畜業の温暖化被害の測定
少においても高くなっている。

第4節 温暖化被害の地域別変化

本節では、中国の温暖化被害が経済条件、気象条件、農業方法の違いによりどのように変わって現れているかを検討する。つまり、中国を沿海部と内陸部により区分した場合、また降雨量により、多雨地域と少雨地域の2地域に分けた場合、さらに作付け作物（米、小麦、とうもろこし）別に見た場合に温暖化被害の状況にどのような違いがみられるか、その特徴を見ていこう。

4.1 沿海部と内陸部別での温暖化被害の違い

広大な中国を一括して取り上げるのは、温暖化被害の分析においてもわかりにくいので、中国全体をいくつかの区域分けをした上で、被害状況の差を見ていく。まずは、われわれが中国を2つの部分に分けて考える際になじみ深い経済発展の進んでいる沿海地域と発展途上の内陸地域の2つに分割してみていくことにする。

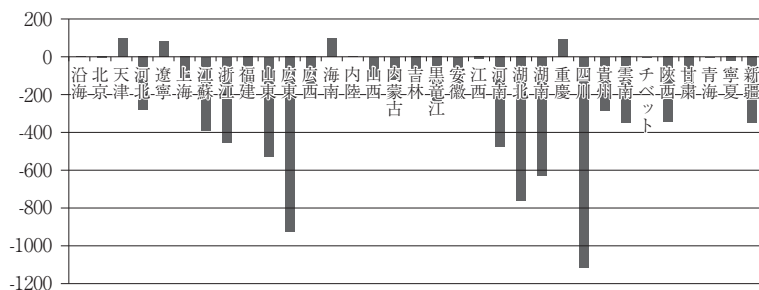
中国を沿海部（北京、天津、河北、遼寧、上海、江蘇、浙江、福建、山東、広東、広西、海南）と内陸部（山西、内蒙古、吉林、黒竜江、安徽、江西、河南、湖北、湖南、重慶、四川、貴州、雲南、チベット、陝西、甘肅、青海、寧夏、新疆）に分ける。これは海に面して外国資本が導入されやすく経済発展が先行している地域である沿海部と、内陸にあるという地理的特徴のほか、やや経済発展が遅れて一人当たりGDPも低い内陸部地域に区分してみる。

4.1.1 社会的余剰（または消費者余剰）の変化で見た温暖化被害の相違

最初に社会的余剰（または消費者余剰）の変化から見ていくとしよう。

図－8は中国を地域別に沿海部（図の左側）と内陸部（図の右側）に分けている。この図は温暖化被害を社会的余剰変化（または消費者余剰）という、経済厚生面からみていくものである。計算公式から、温暖化被害が高いGDPをもつ地域ではそうでない地域より大きく現れるよう被害が計測される。

図－8 沿海・内陸別農林牧畜業全体の社会的余剰の変化



農林牧畜業全体で見て、沿海部、内陸部という違いよりその地域内部での被害の差のほうが大きい。沿海部では、広東（－900億元）、山東（－500億元）、浙江（－400億元）、江蘇（－400億元）、内陸部では、四川（－1100億元）、湖北（－700億元）、湖南（－600億元）、河南（－500億元）に大きい被害が現れる。

詳しく見ると沿海地域の農業の被害は、内陸地域よりやや大きく、沿海部内陸部ともに農業被害はマイナスであるが、牧畜業ではプラスになるところが多い。

沿海部の農業の温暖化被害は、全体で－3476.95億元、林業の温暖化被害は、－169.98億元、これに対し牧畜業の温暖化被害はむしろ利益で857.61億元となった。

沿海部の温暖化の影響では、河北、江蘇、山東、広東といった都市化された沿海地域での農業被害が大きく出る。河北の被害は、－591.2億元、江蘇は－726.99億元、山東は－942.75億元である。沿海部における農業平均被害金額は省当たり、－289.75億元となる。

沿海部の林業の温暖化被害額は、平均で－14.17億元である。これに対し、牧畜業の温暖化利益額は、平均で71.047億元となる。

次に内陸部の温暖化被害の状況を見てみよう。

内陸部は全体としての農業の温暖化被害金額は、社会的余剰（または消費者余剰）の点から見て、－2653.01億元である。林業の温暖化被害金額はマイナスつまり利益となる。49.5億元である。また牧畜業の温暖化被害金額も、

ヘドニック価格法による中国各地域における農林牧畜業の温暖化被害の測定
818億元の利益である。内陸部において農業、林業、牧畜業の被害を比べると、農業被害が最も大きい。農業の温暖化被害の省当り平均額は、-274.73億元であり、沿海部の農業の被害額とほぼ等しい。林業の温暖化利益額は平均1.73億元である。これは沿海部において林業の温暖化の影響がマイナスで被害になっていたのと対照的である。内陸部の牧畜業の温暖化被害は、むしろ利益が43.05億元であり、沿海部の利益の1/2程度の大きさとなっている。

4.1.2 年当たり GDP の変化で見た温暖化被害の相違

次に温暖化被害を、沿海部、内陸部別に GDP の変化で計って見よう。

沿海部の温暖化被害は、全体で農業で-174.5億元ある。省当り平均被害金額は、-14.64億元である。

林業においては、沿海部全体で温暖化被害金額は、-9.86億元であり、省当り平均金額は、-0.82億元である。

牧畜業では、沿海部全体で温暖化被害はマイナス、つまり利益が177.46億元発生し、省当り平均金額は14.78億元になる。

他方内陸部では、農業の GDP の温暖化被害は、総額で-425.0億元、林業の GDP で見た温暖化被害が-13.04億元、牧畜業の温暖化被害は逆に利益33.36億元である。

温暖化被害の平均額が1省当たり、農業で-22.37億元、林業で利益1.96億元、牧畜業で利益1.86億元になる。農業の平均被害は沿海部の平均の1.5倍に達し、他方牧畜業の温暖化利益が沿海部の1/8に過ぎない。

4.2 多雨地域・少雨地域別の温暖化被害の違い

この項では、中国の地域別降雨量の違いによって、地域を多雨地域と少雨地域に分け、降雨量の違いによって温暖化被害にどのような違いが出るかどうかについて検討していく。

『中国統計年鑑』記載の1988年から2009年までの省と直轄市の降雨量のデータから、降雨量の平均111.39ミリ/月を求め、その平均値以上の平均降雨量をもつ地域を多雨地域、平均値以下の降雨量しかない地域を少雨地域とする。

多雨地域は、上海、江蘇、浙江、安徽、福建、江西、湖北、湖南、広東、

広西、海南、重慶、四川、貴州、雲南である。

一方少雨地域としては、北京、天津、河北、山西、内モンゴ、遼寧、吉林、黒竜江、山東、河南、チベット、陝西、甘肅、青海、寧夏、新疆が分類される。

ただし、ここでは、農業への影響が重要であるので、年間雨量を基準にとらずに、夏期（4～9月）の1カ月当たりの雨量の平均値を取った。

4.2.1 社会的余剰（または消費者余剰）の変化から見た温暖化被害

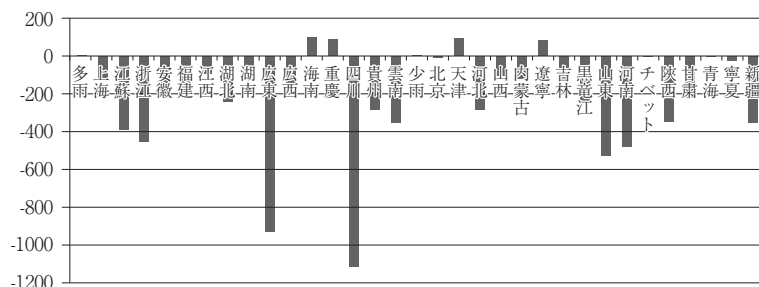
a. 多雨地域の温暖化被害

図－9によると、社会的余剰（または消費者余剰）の変化で見た多雨地域の農業部門全体の被害は多雨地域も、少雨地域も同様の大きさであるように見える。多雨地域は被害の地域別差異がかなりあるのに対し、少雨地域は全体的に被害を受けていることが分かる。四川（－1100億元）広東（－750億元）浙江（－400億元）江蘇（－400億元）の被害が大きく、少雨地域では山東（－550億元）、河南（－500億元）が大きい被害が出ている。

農林牧畜を細かに見ていくと、多雨地域では、農業の温暖化被害は－4882.29億元、林業の温暖化被害はマイナスで利益が45.59億元、牧畜業の温暖化被害もマイナスで利益が353.7億元である。多雨地域では農業のみ温暖化被害が現れ、林業と牧畜業では温暖化は利益をもたらすことが見える。

多雨地域の農業の温暖化被害の平均値は社会的余剰（または消費者余剰）の変化で見て－325.4億元になる。他方林業の温暖化被害の平均金額は利益であり、3.04億元である。牧畜業の温暖化被害もマイナスつまり利益とな

図－9 農林牧畜業全体の多雨・少雨別社会的余剰の変化、億元



ヘドニック価格法による中国各地域における農林牧畜業の温暖化被害の測定
り、23.58億元となる。

b. 少雨地域の温暖化被害

少雨地域全体の社会的余剰（または消費者余剰）の変化を、業種別で計ると、農業の温暖化被害が少雨地域全体で、-3814.53億元、林業の温暖化被害が少雨地域全体で-182.75億元、牧畜業全体の温暖化被害はマイナスつまり利益が1321.9億元発生する。少雨地域では温暖化が農業に与えるマイナスの影響は多雨地域より少ないが、林業への影響は多雨地域と異なり大きくマイナスの影響を受け、また牧畜業への利益も、多雨地域より大きくなる。少雨地域は、予想に反して、農業への影響が少なく、林業で大きく温暖化被害が現れ、牧畜業では、利益が大きく増加する。これは、少雨地域で農業のGDPが少なく、牧畜業のGDPに特化しているため、農業の温暖化被害が少なく、牧畜業の温暖化利益が大きく現れたためと考えられる。

少雨地域の温暖化の影響の平均金額は、農業で-238.41億元、林業の被害が-11.42億元、牧畜業の利益が、82.61億元となることが分かった。

4.2.2 年当たりGDP変化で見た温暖化被害

a. 多雨地域の温暖化被害

温暖化被害を社会的余剰（または消費者余剰）の変化ではなく、GDPの変化で見てみよう。

多雨地域の全体としてのGDP変化は、農業で、-271.05億元、林業のGDP変化が-2.39億元、牧畜業の温暖化被害は-27.91億元である。多雨地域はGDPでみた場合、農業、林業、牧畜業すべてにおいて、温暖化被害が発生することになる。

これは温暖化被害の測定基準を社会的余剰（または消費者余剰）からGDPに移すと、林業、牧畜業で、利益から被害へと変化することを示す。

b. 少雨地域の温暖化被害

少雨地域全体でGDP変化により温暖化被害をみると、農業の温暖化被害は、-328.6億元、林業の温暖化被害は、-20.5億元、牧畜業は、利益が240.73

億元となる。少雨地域では、農業と林業に温暖化被害が現れていて、とくに農業と林業では、多雨地域より環境被害が大きい。これは雨の降らない少雨地域では、温暖化被害が大きいだろうという予想に合致する。ただ牧畜業においては少雨地域では、温暖化は多雨地域と異なり利益をもたらす。

4.3 作付作物別の温暖化被害の違い

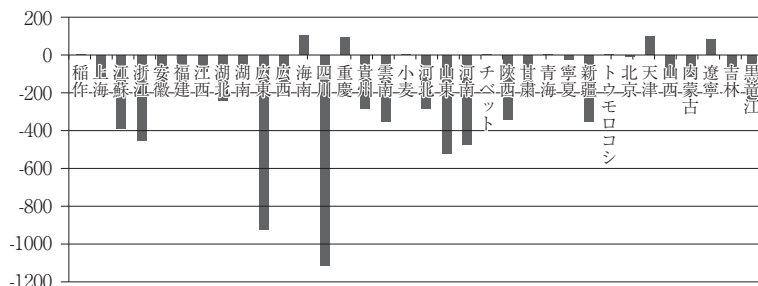
ここでは温暖化被害が、作付作物別にどのように異なって現れるかを見てみたい。温暖化が進行するにつれて、長期的には農家は、植え付け作物の変更などで、この気象変化に対応していくことが考えられる。そこで耕作する作物を高温に適した新しい作物に変えた際、温暖化被害が厳しくなるのか、そうでないのかの現状を知ることが、農業政策の立案の際には必要になる。

ここでは、農業にとって気象条件は、稲作地域、小麦地域、トウモロコシ地域の順に悪くなると想定し、この3種類の耕作地域での温暖化被害の状況を見ていく。

このため、中国各省直轄市を3つの地域に区分する、まず稲作地域は多雨地域・温暖地域と考えられるが、上海、江蘇、浙江、安徽、福建、江西、湖北、湖南、広東、広西、海南、四川、重慶、貴州、雲南の15地域とする。小麦地域は、乾燥地域、寒冷地域で稲作より農作物の生育条件が悪い地域と考えられ、河北、山東、河南、チベット、陝西、甘肅、青海、寧夏、新疆の9地域とする。最後にトウモロコシ地域は、さら生育条件が悪い地域として、北京、天津、山西、内モンゴ、遼寧、吉林、黒竜江の7地域とする。

まず図-10の社会的余剰（または消費者余剰）の変化で見ていくと、農業

図-10 稲作・小麦・トウモロコシ別社会的余剰の変化、農林牧畜全体、億元



ヘドニック価格法による中国各地域における農林牧畜業の温暖化被害の測定部門全体として稲作地域は、被害の大きいところと、被害の少ないところに分かれる。小麦地域はほぼどの地域も同じ程度の被害が出る。トウモロコシ地区はあまり被害が見えない。これは、社会的余剰（または消費者余剰）のもつバイアスの影響が強く出て稲作地域は、含まれる地域が多く農業 GDP の大きいところと小さいところがあり、影響の差異が違って現れたためであろう。トウモロコシ地域は農業 GDP も低いので、温暖化被害の影響も小さく現れる。稲作地域で被害の大きいところは、四川（-1100億元）、広東（-900億元）、浙江（-400億元）、江蘇（-400億元）、小麦地域では、山東（-500億元）、河南（-450億元）、新疆（-350億元）、陝西（-300億元）、湖北（-300億元）、トウモロコシ地区では、被害の大きい地域はない。

細かく農業の部門別の温暖化被害を見ると、稲作地域では、農業の被害が、-4882.3億元、林業の利益がプラス45.6億元、牧畜業の利益もプラス353.7億元である。農林牧畜業の被害は3つの部門の中では農業被害が最大である。中でも、最大の被害地域が江蘇-7267.0億元、最小は重慶の利益201.3億元である。平均して-325.5億元の損失となる。

林業は最大被害を受けるのが福建の-52.0億元であるが、平均では3.0億元の利益が生まれる。

牧畜業でも、被害の最大は四川-430.8億元であるが、平均の被害が利益23.6億元となる。

次に小麦地域では、農業の被害が大きく、牧畜業で利益が生まれている地域が現れている。農業被害は、最大の山東-942.9億元から、チベットの-16.8億元まですべ地の地域でマイナスとなっている。林業の被害は、平均で-44.5億元であり、農業ほどではないが被害が出る。牧畜業の利益は、山東の449.2億元、平均でも108.5億元とかなりの地域で利益となっている。

トウモロコシ地域では、農業の温暖化被害がこの地域全体で-707.7億元、林業が-72.7億元、林業の利益が345.3億元である。農業の被害が最も高いのはほかの2地域と同様だが、被害の規模は、稲作地域や、小麦地域ほどには現れない。

次に年当たり GDP の減少から被害を計ってみよう。まず、稲作地域では、農業の温暖化被害が最大であり、全体で-271.0億元、最大は雲南-39.1億

元, 林業の-2.4億元, 最大は海南の-5.4億元, 牧畜業では, -27.9億元で最大は四川の-78.2億元程度である。

小麦地域の温暖化被害は, 農業で-260.0億元, 林業-6.1億元, 牧畜業利益157.1億元である。農業の被害が大きい⁶⁾, 最大被害は山東の-160.7億元である。林業についての最大被害は, 河南の-2.7億元程度である。牧畜業では利益が出ているが最大被害は, 新疆の-4.9億元, 利益の最大は山東で74.9億元になる。

最後にトウモロコシ地域では, 農業の全体的被害が, -68.6億元, 林業が-14.4億元, 牧畜業が利益83.7億元となる。農業の最大被害は, 吉林の-43.3億元, 林業の最大被害も吉林の-3.5億元である。牧畜の最大被害は遼寧の-6.3億元, 最大利益は黒竜江の31.0億元となる。

おわりに

本稿は, 現在注目を浴びている温暖化問題の対策を考える際に, もっとも重要な判断基準となる, 温暖化の被害がいったいどの程度発生しているのか, それを計測するという目的を持っている。ヘドニック価格法を適用する計測方法の確立とその方法を実際に中国の地域別データに適用して, 温暖化被害を計測して示した。⁷⁾

まず第1節において, この問題へのアプローチとして考え得るヘドニック価格法について簡単な紹介を行った。ついで第2節においてヘドニック価格法を適用すれば, 実際温暖化被害はどのようにして把握できるかその方法論を説明した。第3節では, 温暖化被害といっても種々の概念が考えうるが, ここで筆者が用いた社会的余剰(または消費者余剰)の変化により計る方法と, 付加価値の変化により計る方法の2つの考え方を説明した。ただし, ここで注意すべきは2つの方法は, 被害の大きさについて, 必ずしも同一方向を示さないことである。温暖化による被害の違いは温暖化による付加価値の下落すなわちGDPの変化から誘導されるが, 直接のGDP下落分と社会的余剰(または消費者余剰)の下落分で絶対額で見て, 違いが出る。それは計算公式から分かるように社会的余剰の変化は, 社会的余剰がその地域のGDP

ヘドニック価格法による中国各地域における農林牧畜業の温暖化被害の測定
の大きいほど大きく強調されて現れるからである。社会的余剰（または消費者余剰）という尺度はバイアスを持つからである。

しかし、GDP の大きい地域が大きく環境被害が現れるといっても、GDP が大きい地域は、それだけ多くの人口がいるわけであるので、被害が大きく出るというバイアスも、温暖化被害の地域別ウエイト付けにおいてとくに不公平とは必ずしも言えない。GDP 変化、社会的余剰（または消費者余剰）変化の2つの指標とも意味があると考えらるべきであろう。

第3節では、中国各地域での、実際の温暖化被害について、その測定結果を求めた。気温が世界や、中国の経済発展が見られる前の50年前の気温のまままだとしたらもっと多くの農業各部門（農業、林業、牧畜業）のGDPが得られたはず⁹ という考え方で、温暖化被害を測定した。

第4節では、温暖化被害に、経済発展条件の違い（経済進展地域のほうが、温暖化対応技術が進むなどのため温暖化被害が小さい、発展途上地域はその技術進歩が進まないため温暖化被害が大きい）、気象条件の違い（多雨地域のほうが雨が多く稲作中心であり天候の被害を受けにくいと被害が小さく、少雨地域のほうが小麦など畑作中心で気温上昇によるかんばつの発生の被害が出やすい）による温暖化被害の相違についても見てきた。さらに、温暖化の進行につれ、農家は作付け作物を、気温上昇前の従来の品種から新しく暑さに強い品種に転換するなど、また作付けする農作物自身を温帯に適するものから亜熱帯や、熱帯に適するものにシフトしていくことも考えられる。そこで、ここでは米・小麦・とうもろこしの3種の農作物で温暖化被害にどのような違いが現れるのかについても見ていくため地域の代表的農作物により地域別にどのような被害状況の差が出るかをみた。

得られた被害額などに関してはGDPの5～10%に収まっていた。

とくにわれわれの計測した生産関数のパラメータの信頼性についてt値などの点で必ずしも信頼性が高いというものばかりでない。これらは残された課題であろう。また資本や労働の生産弾性値の推計値において、経済学的な議論や従来の常識と合致しないもの（弾力性値が負になったり、資本の弾性値が労働の弾性値より高いなど）も見られる。これらの現象がおこる理由についてより詳細な検討が必要である。あるいは生産関数の精密化で対応すべ

きかもしれない。

ただいくつかの先行研究で行われているように、温暖化被害額という被説明変数を気象条件から説明するため直接の気象条件でなくそれから合成された複雑化された説明変数をつくり、温暖化被害の被説明変数を推定して信頼性の高い推定値を得る方法では、温暖化被害額自体の推定結果については、意味があっても、被害額がそれぞれどのような要因からもたらされたか、その要因にさかのぼって考察することは難しくなる。したがって、モデルの計量政策的な利用のためには適さないかもしれない。われわれの回帰分析では、技術進歩の影響につき気温と時間の積という複雑化した項を導入したが、この項は技術進歩に帰されるべきか、温暖化に帰すべきか議論があるかもしれない。

注

1) ヘドニック価格法についての詳細な理論的説明を与えたものには、N. E. Bockstael and K. E. McConnell (2007) がある。より取付き易い解説は柘植他 (2011) 参照。これらの議論は、環境問題を市場経済の枠をはみ出す外部不経済と捉える新古典派経済学の立場に立っている。環境問題を含んで、市場とそれ以外のシステムの関係について、独自の観点から論じたものに林 (2004) がある。

2) Adams M. A., Hurd B. H., Reilly J. (1999) のサーベイ参照。

3) 変数を対数変換した後に、回帰式で推定する方法は、社会科学の回帰分析でよくとられる方法である。この方法が便利な理由として、ここで述べたもののほか、変数の単位の問題があろう。説明変数、非説明変数ともに、データの数値の大きさをほぼ揃える形で回帰分析を行うのが誤差が少ない。このとき対数変換したデータでは、大きい数値も小さくされてはば2桁以内の数値に変換されるため、好都合と考えられる。

なお、この対数変換して回帰分析する方法は、米国の女性の統計学者 Yvonne Bishop が考え付いたといわれている。David Salsburg の the Lady Tasting Tea (「統計学を拓いた異才たち」竹内恵行・熊谷悦生訳) 参照。

4) これはコブ・ダグラス生産関数の説明変数の冪が、これら説明変数である投入物の生産弾力性値を表すのと同じである。

5) 社会的余剰と消費者余剰は異なる概念であるが、ヘドニック価格法を用いる推計では、消費者余剰という言葉を使う場合が多い。住宅価格の上昇分は消費者の利益と考えるからである。GDP には消費者と生産者両者の利益が含まれるので社会的余剰という言葉が適切かもしれない。しかし本論文では、両者を区別することなく使うこととする。

6) 温暖化前後での社会的余剰の変化を計算する式は同一である。ただ温暖化被害は気温

ヘドニック価格法による中国各地域における農林牧畜業の温暖化被害の測定

上昇により GDP が減少した場合、温暖化による利益は GDP が増加した場合とする。

- 7) 環境被害の計測を、本稿のようなヘドニック価格法の適用により行うことは、とくに独自のとは言えないかもしれないが、まだ一般的ではない。筆者らは中国の環境被害計測を何とかして行いたいということからこの方法を試み、推計後に海外の文献を調査して類似の研究の存在を知った。それらの大部分の研究が依拠する地価などのデータが得られない地域や国において、どのようにして被害のおおよその計測値を求めるかという点で、本研究は意味を持つと思われる。

付記

本稿を田川正二郎教授の御退官記念号に投稿の機会を与えられたこと、ならびに田川教授からコメントを頂いたことを感謝いたします。なお残存する誤りは筆者の責任です。

参考文献

- Adams, R. (1989) "Global Climate Change and Agriculture: An Economic Perspective" *American Journal of Agricultural Economics*
- Adams, R. Rosenzweig, C, Pearl, R., Richie, J. McCarl, B., Curry, B. Johnes, J. Boote, K. and Allen, H. (1990) "Global Climate Change and U.S. Agriculture" *Nature*
- Adams, R., Hurd, B. and Reilly, J. (1999) "A review of impacts to U.S. agricultural resources"
- Bockstael, N. E. and K.E. McConnell (2007), *Environmental and Resource Valuation with Revealed Preferences*, Springer
- IPCC (2007), IPCC Fourth Assessment Report 気象庁訳、第四次評価報告書
- Mendelsohn, R., Nordhouse, W., Shaw, D., (1994) "The Impact of Global Warming on Agriculture: A Ricardian Analysis", *the American Economic Review*
- 中国国家统计局, 『中国統計年鑑』, 各年版
- 柘植隆宏, 栗山浩一, 三谷羊平編 (2011), 『環境評価の最新テクニック』, 勁草書房
- 時政易 (2011), 『環境経済学の視点』, 牧野書店
- 林周二 (2004), 「市場, 非市場, 反市場」, (『流通科学と市場の対話—白石善章教授退任記念論文集—』流通科学大学所収)

付表－1 温暖化による各地域社会的余剰の変化, 億元

	農業	林業	牧畜業
北京	－62.639	－3.487	56.876
天津	61.241	－0.767	33.71
河北	－591.244	－20.721	325.926
山西	－157.842	－11.499	61.449
内蒙古	－221.753	－15.965	116.45
遼寧	308.986	－14.898	－214.011
吉林	－270.813	－9.777	152.263
黒竜江	－364.927	－16.291	138.608
上海	－62.796	－1.09	－50.738
江蘇	－726.986	19.262	313.209
浙江	－365.541	42.008	－130.474
安徽	－456.489	36.019	197.053
福建	－274.957	－51.965	129.555
江西	－292.462	38.489	160.82
山東	－942.879	－35.026	449.218
河南	－802.574	－37.658	361.069
湖北	－493.493	24.397	224.686
湖南	－472.585	40.278	315.21
広東	－598.986	－39.675	－288.8
広西	－320.38	－28.849	199.477
海南	99.23	－34.772	33.661
重慶	201.321	11.794	－122.186
四川	－649.375	－36.908	－430.798
貴州	－193.565	－13.168	－79.745
雲南	－275.228	39.77	－117.22
チベット	－16.797	1.09	15.638
陝西	－247.999	－16.081	－81.509
甘肅	－172.215	6.885	－55.306
青海	－21.288	－0.826	21.153
寧夏	－39.125	－1.523	14.309
新疆	－272.657	－6.207	－73.936
合計	－8696.82	－137.161	1675.617

ヘドニック価格法による中国各地域における農林牧畜業の温暖化被害の測定

付表－2 温暖化による各地域 GDP の変化, 億元

	農業	林業	牧畜業
北京	－5.103	－0.32	8.044
天津	1.25	－0.145	5.193
河北	－18.78	－0.761	63.481
山西	－19.631	－2.341	10.138
内蒙古	－18.484	－1.985	2.468
遼寧	49.644	－2.633	－6.315
吉林	－43.259	－3.522	33.163
黒竜江	－33.044	－3.476	30.976
上海	－4.085	－0.107	－1.251
江蘇	－22.759	1.189	38.878
浙江	－10.933	1.442	－4.263
安徽	－4.929	1.392	17.255
福建	－19.39	－1.42	7.133
江西	－17.958	1.209	0.701
山東	－160.693	－0.373	74.946
河南	－11.59	－2.695	22.195
湖北	－17.255	1.976	9.445
湖南	－35.295	1.76	2.029
広東	－12.686	－1.324	－24.779
広西	－13.708	－0.037	11.874
海南	42.646	－5.373	4.518
重慶	3.816	0.97	－5.888
四川	－110.44	－4.716	－78.19
貴州	－9.02	－0.612	－0.058
雲南	－39.05	1.259	－5.322
チベット	－2.687	0.16	2.361
陝西	－17.227	－0.578	－0.64
甘肅	－10.404	0.23	－2.475
青海	－0.01	－0.044	1.348
寧夏	－2.845	－0.451	0.784
新疆	－35.733	－1.573	－4.929
合計	－599.642	－22.899	212.82